

学校编码: 10384

分类号_____密级_____公开_____

学号: 24520091152983

UDC _____

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

中空植骨式动力髋螺钉治疗股骨颈骨折的
动物实验研究

Hollow-Bone-Graft Dynamic Hip Screw Can Treat Femoral
Neck Fracture: An Experimental Research

沈佳祚

指导教师姓名: 练克俭 教授

专 业 名 称: 外科学(骨科方向)

论文提交日期: 2012 年 月

论文答辩时间: 2012 年 月

学位授予日期: 2012 年 月

答辩委员会主席: _____

评 阅 人: _____

2012 年 月

厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(中空植骨式动力髌螺钉的研制及临床应用研究)课题(组)的研究成果,获得(南京军区科技基金项目,基金号:10MA073)课题(组)经费或实验室的资助,在(厦门大学附属东南医院动物实验中心)实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（ ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。

（ ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年 月 日

目 录

缩略语表.....	I
摘 要.....	II
Abstract.....	IV
前 言.....	1
1.材 料.....	3
1.1 实验动物.....	3
1.2 内固定材料.....	3
1.3 手术器械.....	3
1.4 实验试剂.....	4
1.5 实验设备.....	4
2.方 法.....	5
2.1 中空钉的设计.....	5
2.2 实验分组.....	5
2.3 内固定模型的制作.....	5
2.4 一般情况分析.....	6
2.5 影像学分析.....	6
2.5.1X线分析.....	7
2.5.2CT 分析.....	8
2.6 大体标本分析.....	8
2.7 有限元分析.....	9
2.8 统计学处理.....	10
3.结 果.....	11
3.1 术后一般情况分析.....	11
3.2 影像学分析.....	11

3.2.1X 线分析.....	11
3.2.2CT 分析.....	14
3.3 大体标本分析.....	22
3.4 有限元分析.....	23
4.讨 论.....	25
4.1 青壮年股骨颈骨折概述.....	25
4.2 股骨颈骨性解剖及头颈血供.....	25
4.3 股骨颈骨折分型.....	26
4.4 实验造模和关节囊切开的分析.....	28
4.5 股骨头坏死的主要因素和生物学分析.....	28
4.6 目前治疗青壮年股骨颈骨折的内植物.....	29
4.7 股骨颈骨折 X 线及 CT 分析.....	31
4.8 中空植骨式动力髌螺钉有限元分析.....	33
4.9 中空植骨式动力髌螺钉的生物学特点.....	34
5.结 论.....	36
附 图.....	37
参考文献.....	51
综 述(一).....	57
综 述(二).....	65
个人简历与研究成果.....	75
致 谢.....	77

Contents

Abbreviation Graph.....	I
Abstract in Chinese.....	II
Abstract in English.....	IV
Preface.....	1
1.Materials.....	3
1.1Experimental Animals.....	3
1.2Internal Fixation Materials.....	3
1.3 Surgical Equipment.....	3
1.4 Equipment Reagent.....	4
1.5 Equipment Instrument.....	4
2.Methods.....	5
2.1 Design of Hb-DHS.....	5
2.2 Experimental Animals Grouping.....	5
2.3 Internal Fixation Model Manufacture.....	5
2.4General Condition Analysis.....	6
2.5 Iconography Analysis.....	6
2.5.1X-ray Analysis.....	7
2.5.2 CT Analysis.....	8
2.6 General Specimen Analysis.....	8
2.7 Finite-element Analysis.....	9
2.8 Statistical Dispose.....	10
3.Results.....	11
3.1 General Condition Analysis on Postoperation.....	11
3.2 Iconography Analysis.....	11
3.2.1 X-ray Analysis.....	11

3.2.2 CT Analysis.....	14
3.3 General Specimen Analysis.....	22
3.4 Finite-element Analysis.....	23
4.Discussion.....	25
4.1 Overview of Femoral Neck Fracture in Young Adults.....	25
4.2 Osseous Dissection and Blood Supply of Femoral Neck and Head.....	25
4.3 Femoral Neck Fracture Classification.....	26
4.4 Experimental Molding and Joint Capsular Incision Analysis.....	28
4.5 Main Reason and Biological Analysis of Femoral Head Necrosis.....	28
4.6 Internal Fixation Material of Treating Femoral Neck Fracture in Young Adults at Present.....	29
4.7 X-ray and CT Analysis of Femoral Neck Fracture.....	31
4.8 Finite-element Analysis of Hb-DHS.....	33
4.9 Biological Characteristics of Hb-DHS.....	34
5.Conclusion.....	36
Appendix.....	37
Reference.....	51
Review(One).....	57
Review(Two).....	65
Resume and Research Achievement.....	75
Acknowledgement.....	77

缩略语表

缩略词	英文全称	中文全称
ANFH	Avascular Necrosis of Femoral Head	股骨头缺血性坏死
ARCO	Association Research Circulation Osseous	国际骨循环学会
AVN	Avascular Necrosis	缺血性坏死
BMD	Bone Mineral Density	骨密度
CAD	Computer Aided Design	计算机辅助设计
CT	Computer Tomography	计算机断层扫描
DHS	Dynamic Hip Screw	动力髋螺钉
DSA	Digital Subtraction Angiography	数字减影血管造影
FEA	Finite-Element Analysis	有限元分析
FNF	Femoral Neck Fracture	股骨颈骨折
FOS	Factor of Safety	安全系数
Hb-DHS	Hollow-Bone-Graft Dynamic Hip Screw	中空植骨式动力髋螺钉
IT	Imageological Technique	影像学技术
MPR	Multiple Planar Reconstruction	多平面重建
MRI	Magnetic Resonance Imaging	核磁共振成像
RMS	Root Mean Square	均方根
SSA	Selective Ultrasound Angiography	选择性超声血管造影
Vp	Volume Percentage	容积百分比
VR	Volume Rendering	容积再现

摘要

目的：青壮年股骨颈骨折多为高能量损伤，骨折后容易导致骨延迟愈合、不愈合甚至骨坏死，在骨的二次愈合方面需要坚强的内固定、髓内减压及早期的功能锻炼。本动物实验研究对中空植骨式动力髌螺钉（中空钉，Hb-DHS）与普通动力髌螺钉（普通钉，DHS）对股骨颈骨折愈合的疗效进行了评价。

方法：本实验选取 16 只健康实验猪（华南型，雌雄各半，20-30kg/只）纳入实验研究，随机分为 4、8、12、16 周组，每组 4 只，制作股骨颈骨折（颈中型，GardenIII型）动物模型，骨折间隙为 0.5mm，取髂骨植骨，分别采用中空钉和普通钉固定。术后 4、8、12、16 周进行伤口愈合及肢体活动等一般情况观察；进行 X 线、CT 影像学观察，分析骨折愈合、骨密度、骨小梁容积百分比、股骨头坏死的差异；分批处死动物进行股骨颈大体标本观察，分析不同时间骨折线、股骨头软骨及骨质、螺钉内部植骨、张力侧及压力侧骨小梁、螺钉与骨髓距离的差异；进行普通钉及不同扇叶中空钉的有限元分析，所得实验数据均采用 SPSS16.0 统计学软件处理。

结果：术后 4、8、12、16 周，所有实验动物伤口愈合 I /甲，肢体活动情况逐渐恢复到术前水平；进行 X 线检查时发现骨折愈合 Lane-Sandhu 评分中空钉组较普通钉组统计学差异显著（ $P<0.05$ ），X 线股骨头坏死 ARCO 分期中空钉组较普通钉组统计学差异显著（ $P<0.05$ ）；进行 CT 检查时股骨颈张力侧及压力侧骨密度中空钉组较普通钉组统计学差异显著（ $P<0.05$ ），不同 CT 阈值时骨小梁容积百分比中空钉组均较普通钉组统计学差异显著（ $P<0.05$ ），进行骨小梁容积百分比与骨密度相关性分析时均有统计学意义（ $P<0.05$ ），当 CT 阈值为 180Hu 时相关性较高（Spearman 秩相关系数 $r=0.705$ ， $P<0.05$ ），CT 股骨头坏死 ARCO 分期中空钉组较普通钉组统计学差异显著（ $P<0.05$ ）；定期处死动物取股骨颈大体标本观察时发现中空钉组在骨折愈合、股骨头软骨及骨质、螺钉内部植骨、张力侧及压力侧骨小梁形成、螺钉与骨髓的距离方面均较普通钉组差异显著；进行有限元分析在 45° 800N 外部载荷时 DHS 与 3、4、6 叶 Hb-DHS 安全系数（FOS）分别为 1.7473（ >1.0 ）、1.2460（ >1.0 ）、1.0570（ ≥ 1.0 ）、0.5588（ <1.0 ），发现 DHS 与 3 叶 Hb-DHS 作为股骨颈骨折内固定物均安全可靠而不会发生螺钉断裂，而 4、6

叶 Hb-DHS 作为股骨颈骨折内固定物不安全不可靠且容易发生螺钉断裂。

结论: 应用中空钉 (Hb-DHS) 治疗实验猪 (华南型) 股骨颈骨折 (颈中型, Garden III 型), 可以提高骨折愈合率、增加骨密度和骨小梁容积百分比、降低股骨头坏死率; 通过有限元分析发现在 45° 800N 外部载荷时 3 叶中空钉 (Hb-DHS) 作为股骨颈骨折髓内囊内减压内固定物安全可靠而 4、6 叶中空钉 (Hb-DHS) 不安全不可靠, 为临床选择合理扇叶的中空钉 (Hb-DHS) 提供了科学依据; 应用中空钉 (Hb-DHS) 治疗实验猪股骨颈骨折 (颈中型, Garden III 型) 操作技术不复杂, 为临床治疗青壮年股骨颈骨折 (颈中型, Garden III 型) 提供了理论依据。

临床关联性: 本课题组设计的中空钉及动物实验研究将为临床应用中空钉治疗青壮年股骨颈骨折起到一定的指导作用, 但其临床疗效有待进一步探讨。

关键词: 动力髋螺钉; 股骨颈骨折; 动物实验

Abstract

Objective: The main reason of femoral neck fracture in young adults is high energy injury, which may easily cause bone delayed union、nonunion or even osteonecrosis. Bone secondary healing requires strongly internal fixation、intramedullary reduced pressure and early functional exercise. This animal experimental research may evaluate the bone healing effect of the femoral neck between Hollow-Bone-Graft Dynamic Hip Screw (Hb-DHS) and standard Dynamic Hip Screw (DHS).

Methods: Sixteen young adults pigs (South Chinese type, half male/half female, 20-30 kg/each) were enrolled in this study and randomly divided into four groups, each group contained four pigs. Then medium-sized and GardenIII type fracture models were successfully established on each pig, on which the fracture gap was 0.5mm and the left femur was fixed with Hb-DHS and grafted iliac bone, the right femur was fixed with DHS. Then 4,8,12,16 weeks postoperatively, general condition about the wound healing and limbs activity was observed; X-ray and CT difference of bone healing, BMD, bone trabecula percentage and femoral head necrosis were observed; general specimens after killing the pigs about the bone healing, cartilage and bone of the femoral head, graft-bone inside the Hb-DHS, bone trabecula both tension side and pressure side, range about screw and epiphysis were observed; finite-element analysis of DHS and Hb-DHS were analysed by CAD(Computer-Aided Design) software. All the experimental datas were analysed by SPSS16.0.

Results: 4,8,12,16 weeks postoperatively, all wounds of the experimental animals were healed as type I /class A and the condition of the limbs activities was recovered to preoperative level. On X-ray examination, Lane-Sandhu score evaluation of the bone healing had statistically significant difference between DHS group and Hb-DHS group($P<0.05$), ARCO classification had significantly difference between DHS group and Hb-DHS group ($P<0.05$). On CT examination, BMD about tension side and pressure side on femoral neck had significantly difference between DHS group and Hb-DHS group($P<0.05$), but different CT thresholds about bone trabeculae volume

percentage also demonstrated significantly difference between DHS group and Hb-DHS group ($P<0.05$), then relevant analysis between bone trabeculae volume percentage and BMD also had significantly difference between DHS group and Hb-DHS group ($P<0.05$), while 180Hu CT thresholds demonstrated higher correlation (Spearman rank correlation coefficient $r=0.705, P<0.05$), on CT ARCO classification, there were significantly difference between DHS group and Hb-DHS group ($P<0.05$). General specimens had significantly difference about bone healing, cartilage and bone, graft-bone in the Hb-DHS, trabeculation between the tension side and pressure side, the distance between the screw and epiphysis. On finite-element analysis, on 45°800N external load the factor of safety of DHS and 3,4,6 holes of Hb-DHS were 1.7473 (>1.0), 1.2460 (>1.0), 1.0570 (≥ 1.0), 0.5588 (<1.0) and discovered that DHS and 3 holes of Hb-DHS for internal fixation materials of femoral neck fracture were safe and no screw fractured, while 4,6 holes of Hb-DHS for internal fixation materials of femoral neck fracture were unsafe and might cause screw fracture.

Conclusions: Hb-DHS can treat experimental animal femoral neck fracture (medium-sized and GardenIII type fracture models) in the early stage and can improve bone healing, increase BMD and bone trabecula volume percentage, reduce femoral head necrosis. Finite element analysis on 45°800N external load, 3 holes of Hb-DHS for internal fixation materials of femoral neck fracture is safe and no screw fractured and can reduce intramedullary and capsule pressure, while 4 and 6 holes of Hb-DHS are unsafe and might cause screw fracture, which might offer scientific argument to choose reasonable Hb-DHS in clinic. Hb-DHS treating femoral neck fracture of experimental animals is not complex and might provide theoretical basis for treating femoral neck fracture in young adults in clinic (medium-sized and GardenIII type fracture models).

Clinical Relevance: We can conclude that Hb-DHS and animal experimental research will play an important role to treat femoral neck fracture in young adults in clinic, but its clinical effects still need further discuss.

Key Words: Dynamic Hip Screw; Femoral Neck Fracture; Animal Experiment

论文标题:

中空植骨式动力髁螺钉治疗股骨颈骨折的动物实验研究

前言

股骨颈骨折（Femoral neck fracture, FNF）指自股骨头以下至股骨颈基底部之间的骨折，除跨越基底部者均为关节囊内骨折。股骨颈骨折发病率约占全身骨折的 3.58%^[1]，青壮年股骨颈骨质坚硬、骨密度高，其骨折多为高能量损伤，而股骨头颈因其特殊的解剖结构，骨折后容易发生不愈合、股骨头缺血坏死（AVN）及塌陷等不良后果^[2-4]，据国内外学者统计骨折不愈合率占 15%左右^[5]，股骨头缺血坏死占 20%-30%^[1]。尽管诊断手段和治疗方法有了长足的进步，但其治疗结果仍不理想，至今遗留许多尚未解决的问题，故被称之为“骨科尚未解决的骨折”^[2, 6]。

青壮年股骨颈骨折具有以下特点：其一，青壮年骨质坚硬、骨密度高，骨折多为高能量损伤，损伤多严重，骨折不愈合率较高，约占 10-20%^[7]；其二，骨折后供应股骨头的血管直接受损，导致股骨头缺血性坏死，约占 20-30%；其三，骨折后髋关节囊内血肿形成，压力超过 58mmHg^[8, 9]时股骨头血供进一步丧失，剩余血液供应进一步减少，同时引起骨髓水肿和骨细胞坏死；其四，需及早手术复位固定（伤后 6-12h 内）以降低血管痉挛和保护股骨头血运^[8, 10]，降低关节囊内压和髓内压，减轻骨髓水肿，必要时骨折处植骨融合^[11]，否则骨不愈合率、坏死率和致残率极高，约占 35%-45%^[12]。

青壮年股骨颈骨折的治疗原则是急诊手术解剖复位，坚强的内固定，早期离床活动，减少因长期卧床带来的各种并发症^[13]。为此，国内外学者大部分主张早期积极的手术治疗^[8, 10-12]。自 1931 年 Smith-Petersen 首次应用三翼钉作为内固定治疗股骨颈骨折以来，内固定器械超过 100 余种，但每一种都有其优缺点。目前常用的 AO 空心钉创伤小，操作简单，但对 Pauwells III 型骨折生物力学性能差，失败率高^[14, 15]，其应用受到一定的限制；髓内钉系统虽具有良好的抗压抗分离疗效，但手术创伤大且引起骨折再次移位，仅应用于股骨颈骨折合并股骨干

骨折^[16]；普通动力髁螺钉固定虽牢靠且对骨折端压缩并获稳定^[17]，但临床报道骨折不愈合、股骨头缺血坏死和再手术率分别高达 10%-30%、15%-33%及 18%-47%^[18]，最终患者不得不接受关节置换术，且术后疼痛、髁臼磨损、假体松动、假体周围骨折、二次翻修手术等缺陷^[19]，对年轻患者最终不是最好的治疗办法。

青壮年股骨颈骨折延迟愈合，不愈合，股骨头缺血坏死除与骨折类型、手术时间、复位程度、内固定质量等因素密切相关外，还与：1、骨折局部是否有良好的骨质爬行替代有关；2、关节囊内压、髓内压是否能得到有效的减压有关；3、骨折局部血运是否能够重建有关。

由课题组设计的中空植骨式动力髁螺钉与普通动力髁螺钉一样可以很好的固定青壮年股骨颈骨折，保持骨折端接触加压，维持颈干角和前倾角利于解剖复位，对 Pauwells III 型骨折、基底部骨折以及合并股骨干上端骨折同样有效；中空植骨式动力髁螺钉在保髁的同时中空扇叶窗口可以囊内髓内减压，植骨融合等来改善骨折局部微环境，使密闭的骨腔开放，降低囊内髓内压，增加静脉回流，改善骨内微循环，刺激髓腔内新生血管形成，排除坏死组织，缩短了骨折的愈合时间^[20-22]，而且中空扇叶窗口还可以成为注射生长因子、干细胞及其他药物促进骨组织爬行替代、血管形成及修复局部微环境的通道，为骨折愈合创造了一个良好的微环境^[23-29]。

1. 材 料

1.1 实验动物

实验猪（华南型）（见附图 1），20-30kg/只，3-4 个月龄，雌雄各半，共 16 只，营养状况良好，毛色光亮，临床检查健康，购自厦门大学动物实验中心，许可证号：SYKK（闽）2011-0017；寄养于厦门大学附属东南医院（中国人民解放军第一七五医院）动物实验中心，许可证号：SYKK（闽）2011-0001。

1.2 内固定材料

中空钉（Hb-DHS）（图 2 左）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
普通钉（DHS）（图 2 右）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
动力髁螺钉锁定尾钉（图 3）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
135° 角钢板（图 4）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
角钢板螺钉（图 5）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供

1.3 手术器械

上肢普通内固定器械 1 套（图 6）	厦门大学附属东南医院动物实验室提供
45mm 内六角螺丝刀 1 把（图 6）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
动力髁手术器械 1 套（图 6）	厦门大学附属东南医院动物实验室提供
骨科电钻 1 把（图 6）	厦门大学附属东南医院动物实验室提供
取骨器械 1 套（图 7）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
动力髁螺钉启子（图 8）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
普通螺钉启子（图 9）	厦门大博颖精医疗器械有限公司提供
骨科摆锯 1 套（图 10）	厦门大学附属东南医院动物实验室提供
其他外科常用器械（图 11）	厦门大学附属东南医院动物实验室提供

1.4 实验试剂

注射用青霉素钠 80 万单位/支 (图 12)	福建汇天生物药业有限公司
硫酸阿托品注射液 1ml/支 (图 13)	林州亚神制药有限公司
速眠新 II 注射液 2ml/支 (图 14)	吉林省华牧动物保健品有限公司
鹿醒灵注射液 2ml/支 (图 15)	吉林省华牧动物保健品有限公司
盐酸氯胺酮注射液 2ml/支 (图 16)	福建古田药业有限公司
地西洋注射液 2ml/支 (图 17)	上海旭东海普药业有限公司
苯巴比妥钠注射液 100mg/支	天津市东鹏工贸有限公司
盐酸肾上腺素注射液 1mg/支	天津药业集团新郑股份有限公司
0.9%氯化钠注射液 500ml/袋	青岛华仁药业股份有限公司
5%葡萄糖注射液 250ml/袋	浙江省济民制药有限公司
氯化钠注射液 5ml/支	焦作市康华药业有限公司
硫酸庆大霉素注射液 8 万单位/支	山东正航动物药业有限公司
盐酸利多卡因注射液 5ml/支	山东华鲁制药有限公司
盐酸罗哌卡因注射液 10ml/支 (图 18)	AstraZenecaAB,Sweden
3%过氧化氢溶液 (双氧水) 100ml/瓶	广东恒建制药有限公司

1.5 实验设备

X 线摄片机 (日本) (图 19)	厦门大学附属东南医院放射科提供
CT 断层扫描机 (德国) (图 20)	厦门大学附属东南医院放射科提供
Solidworks2011 工程图软件	有限元分析软件
实验用电脑	Dell 笔记本电脑 Vistro1088
SPSS16.0 软件	统计学分析软件

Degree papers are in the "[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)". Full texts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to etd@xmu.edu.cn for delivery details.

厦门大学博硕士论文摘要库